

SYNTHÈSE 1999

PAR

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE DE LA COMMISSION INTERNATIONALE

CIPEL, CP 80, CH - 1000 LAUSANNE 12

Etat de santé du Léman

Principaux points positifs :

- brassage des eaux ayant permis une réoxygénation des eaux profondes,
- baisse de la production des algues et des bactéries,
- amélioration de l'état biologique des sédiments profonds du Petit Lac,
- pour toutes les substances analysées (métaux, pesticides, NTA, EDTA), les eaux au centre du lac satisfont pleinement aux exigences requises pour l'eau potable,
- amélioration de la qualité hygiénique des eaux de baignade.

Principaux points négatifs :

- pas de baisse significative des teneurs en phosphore dans les eaux depuis quelques années,
- biomasse algale encore importante en été et en automne,
- la présence d'herbicides triaziniques est toujours décelée dans les eaux du lac. Bien que les teneurs soient faibles et satisfassent les exigences requises pour l'eau potable, leur présence n'est pas souhaitable.

EN BREF

De nombreux indices, au niveau de la qualité chimique des eaux, de la faune des sédiments (vers et insectes) et de la végétation aquatique, montrent une restauration progressive de l'état du Léman.

En ce qui concerne le plancton végétal, la biomasse et la productivité des algues restent encore trop importantes, particulièrement en été-automne.

L'objectif à atteindre, une concentration moyenne annuelle de 20 microgrammes de phosphore par litre d'eau dans le Léman, demeure une condition nécessaire pour ramener la productivité algale à un niveau acceptable et rendre le lac plus attractif pour ses usagers.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Campagne 1999

PAR

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE DE LA COMMISSION INTERNATIONALE

CIPEL, CP 80, CH - 1000 LAUSANNE 12

L A C

Evolution physico-chimique

' **Un brassage hivernal des eaux (hiver 1998-1999)**

Après treize ans sans brassage complet dans le Grand Lac, l'hiver 1998-99 a provoqué un brassage presque complet en mars 1999. La réoxygénation des eaux profondes a permis d'atteindre une concentration de 9.1 mg O₂ à 309 mètres. Pour toute l'année 1999 et dans l'ensemble de la masse d'eau, les concentrations sont supérieures à 4 mg O₂/l.

' **L'évolution des teneurs en nutriments**

Le brassage hivernal dans le Grand Lac a réparti les nutriments de façon homogène dans toute la masse d'eau, ce qui a provoqué une augmentation sensible des concentrations en phosphore dans les couches superficielles en début 1999 par rapport aux années précédentes.

Le phosphore dissous est consommé en quasi-totalité dans les couches superficielles de mai à fin septembre.

Pour les stocks de phosphore contenus dans le lac, on ne constate pas d'évolution significative par rapport à 1998 (- 1 %). Les concentrations moyennes annuelles sont en 1999 de 39 µg P/l pour le phosphore total et de 35 µg P/l pour le phosphore dissous, ce qui correspond à une quantité de phosphore total dans le Grand Lac de 3'360 tonnes et de 2'990 tonnes de phosphore dissous.

Pour l'azote total et l'azote nitrique, les concentrations demeurent stables depuis quelques années. Les concentrations pour 1999 sont de 660 µg N/l pour l'azote total et 560 µg N/l pour l'azote nitrique. Pour le Grand Lac, le stock d'azote nitrique est de 47'655 tonnes.

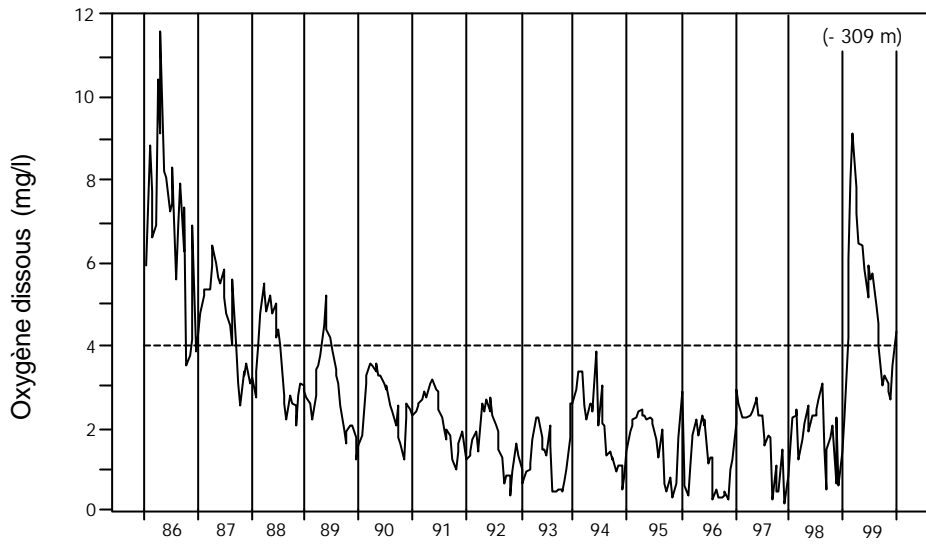


Figure 1

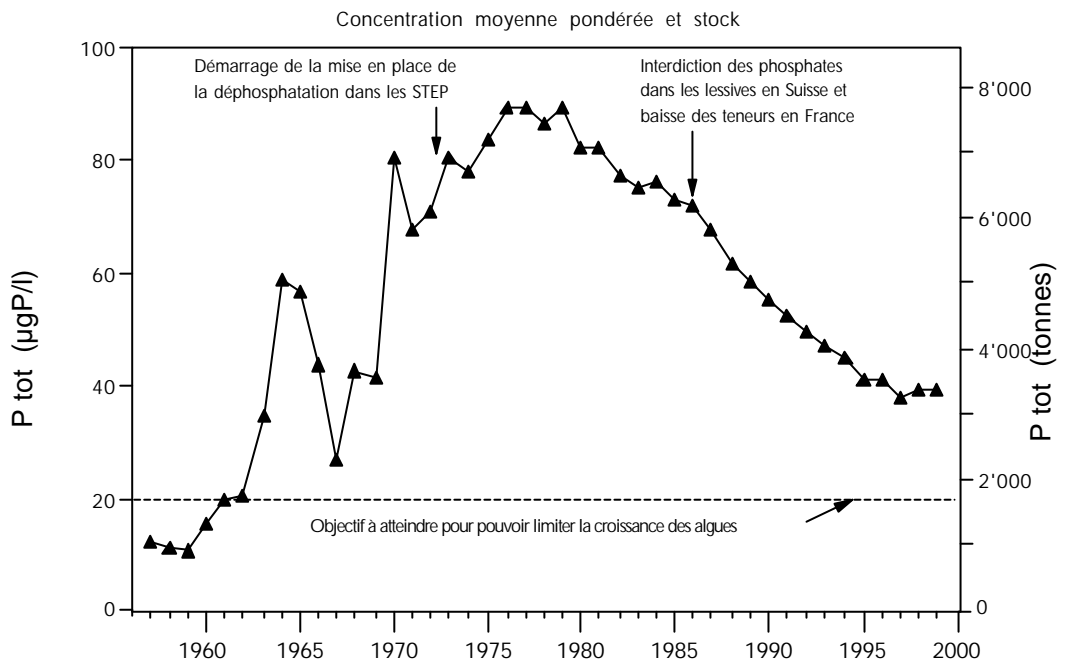


Figure 2

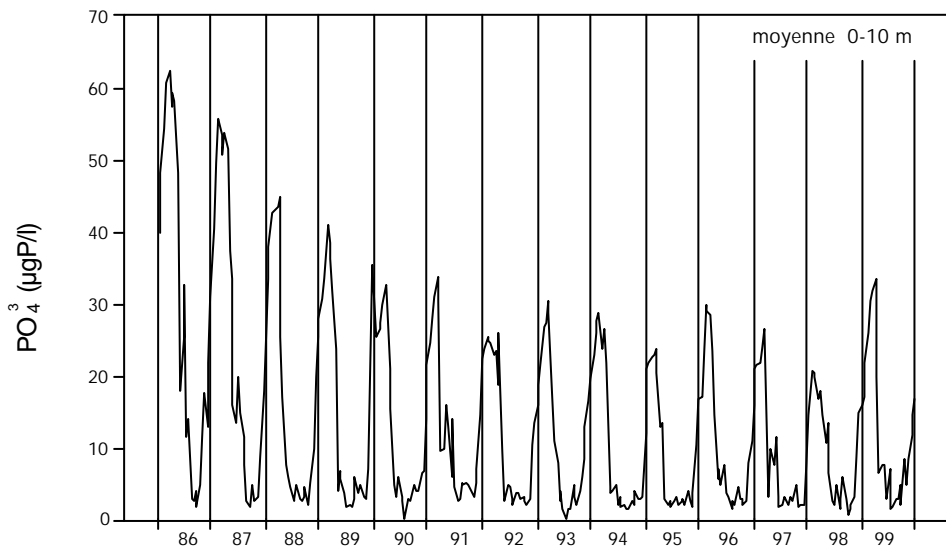


Figure 3

' Le bactérioplancton

Les mesures effectuées en 1998 et 1999 viennent actualiser, après sept ans d'interruption, les cinq années d'auscultation du bactérioplancton du Léman réalisées de 1986 à 1990.

En moyenne annuelle, la fraction du carbone organique dissous susceptible d'être dégradée à court terme (15 j) par les bactéries hétérotrophes est un peu inférieure (21 %) à ce qu'elle était en 1998 (27 %). La fraction des populations bactériennes métaboliquement actives est, elle aussi, plus faible en 1999 (2 %) qu'en 1998 (4 %). Les deux résultats peuvent être rapprochés mais il doit être tenu compte du fait que la relation entre les bactéries et les nutriments est modulée par la prédation, processus qui ne fait pas l'objet de mesures dans le cadre actuel de l'auscultation du lac.

La concentration moyenne des bactéries par strate est très inférieure à ce qu'elle était en 1998 et reste un peu supérieure à ce qu'elle était en 1990. Globalement, la production bactérienne diminue également par rapport à 1998 et reste inférieure à celle de 1990. Son importance vis-à-vis de la production primaire phytoplanctonique nette augmente par contre en 1999 pour s'établir à 26.6 % (23 % en 1998) mais reste inférieure à ce qu'elle était en 1990 (28 %).

L'ensemble des résultats semble indiquer que les ressources en nutriments organiques ont été plus faibles en 1999 qu'en 1998 et qu'en conséquence, les bactéries ont contribué dans une moindre mesure à la productivité générale du lac.

' Le phytoplancton

La biomasse annuelle moyenne a diminué en 1999 et se retrouve à une valeur proche de celle des années 1995-1996, cette diminution est de 25 % par rapport à 1997. Elle a porté surtout sur la biomasse estivale moyenne (moins 31 % par rapport à 1997). La biomasse printanière moyenne est en augmentation depuis 1997; en 1999 elle est 2.5 fois plus faible que la biomasse estivale, proportion qui se rapproche des valeurs antérieures à 1996. Les algues ainsi produites constituent la part majeure de la charge organique détritique responsable de la consommation rapide de l'oxygène au fond du lac.

L'accroissement depuis 1997 de la prolifération de la dinophycée *Ceratium hirundinella*, volumineuse algue estivale, a cessé en 1999. Cette dinophycée est une des seules espèces dont l'évolution dans le Léman a étroitement suivi celle du phosphore.

La biomasse de fin d'été et d'automne a été largement dominée par les diatomées, surtout par *Diatoma elongatum* dont la biomasse moyenne dépasse celle de *Ceratium hirundinella*.

La prolifération automnale d'algues filamenteuses de grande taille, en particulier *Mougeotia*, observée régulièrement de 1996 à 1998 dans les dix premiers mètres, n'a pas été observée en 1999 dans la couche superficielle (0-10 m) mais ces algues ont été signalées plus en profondeur.

Les espèces plutôt oligotrophes ou mésotrophes (*Cyclotella spp*, *Dinobryon spp*, *Synedra*, *Asterionella*) restent bien présentes mais sans montrer d'accroissement, sauf pour la petite diatomée *Cyclotella cyclopuncta* qui a dominé lors de la phase des eaux claires et du minimum estival.

La confrontation des observations des quatre dernières années montre que l'évolution de l'état biologique du Léman indiqué par le phytoplancton - biomasses produites et espèces présentes - tend à se stabiliser. La diminution des concentrations en phosphore ayant cessé, il est difficile d'espérer une diminution significative des biomasses produites et la disparition de phénomènes temporaires indésirables comme les fleurs d'eau. En effet, si les variations interannuelles quantitatives et qualitatives de la production algale sont modulées par les facteurs physiques (notamment la stabilité thermique) et biotiques (zooplancton, poissons etc. ...), la valeur maximale de cette production est fixée par le phosphore. Seule une diminution de ce nutriment permettrait de diminuer cette valeur et d'atteindre un stade d'évolution plus nettement mésotrophe.

' **Le zooplancton**

L'étude du zooplancton met en évidence une relative constance de la moyenne annuelle du biovolume sédimenté ces dernières années depuis le minimum observé en 1995, avec des valeurs proches de celles observées en 1968 et 1969 lors de la phase de dégradation de la qualité des eaux.

Le fonctionnement du réseau trophique ces deux dernières années a été soumis à d'importants développements d'algues filamenteuses et de diatomées coloniales. Sur les colonies de diatomées s'est développée une importante population de protozoaires filtreurs utilisant les bactéries et la matière organique détritique issue de la décomposition du phytoplancton excédentaire non consommé par le zooplancton herbivore.

Avec la nette régression numérique de certains microcrustacés prédateurs, ce zooplancton herbivore a présenté un développement saisonnier, mais n'a pas été en mesure d'exploiter cette abondance du phytoplancton

La relation phosphore total/zooplancton sédimenté conduit à penser à un certain arrêt du processus de réhabilitation du Léman. Ce phénomène pourrait être lié à la quasi stabilité des teneurs en phosphore total ces dernières années, à la baisse de la production primaire phytoplanctonique et, dans une moindre mesure, à une tendance à la baisse de la production bactérienne.

' **Benthos dans le Petit Lac (les vers dans les sédiments)**

L'évolution des communautés de vers et d'insectes (chironomides) montre que l'état biologique des sédiments profonds du Petit Lac s'est amélioré entre 1994 et 1999. L'augmentation des espèces caractéristiques des lacs oligotrophes (peu de phosphore et beaucoup d'oxygène) indique que, comme le Grand Lac entre 1990 et 1998, cette région du Léman se rapproche peu à peu de l'état existant jusqu'à la fin des années cinquante et qui constitue l'objectif d'une restauration biologique réussie.

' **La qualité sanitaire des eaux littorales pour la baignade**

En 1999, l'étude de la qualité hygiénique des eaux littorales et des plages montre que pour 80 % des 93 points de contrôle cette qualité est bonne, qu'elle est moyenne pour 18 % des cas, que dans 2 % des stations l'eau peut être momentanément polluée et qu'aucune station n'est qualifiée de mauvaise qualité (une carte de l'état sanitaire des eaux de baignade a été publiée dans *La Lettre du Léman* No 21 - juin 2000).

L'évolution au cours de ces dernières années montre une nette amélioration de la situation. En effet, en 1992, les plages de bonne qualité ne représentaient que 52 % et pour les plages dont la qualité des eaux était momentanément polluée, la proportion était de 12 %.

Micropolluants

' **Dans les eaux**

Les teneurs en métaux (mercure, plomb, cadmium, chrome, cuivre, manganèse et fer) des eaux du Léman demeurent faibles et satisfont pleinement aux exigences requises pour les eaux de boisson et la vie piscicole. De même, les exigences relatives à la qualité des eaux de rivières fixées dans l'Ordonnance suisse sur la protection des eaux (OEaux, 1998) sont respectées pour les métaux surveillés. Seules les concentrations de cuivre observées sont quelquefois trop proches des limites fixées par cette ordonnance prise comme point de comparaison.

Par contre, des traces d'herbicides triaziniques et de métolachlore sont toujours présentes au même niveau de concentration dans les eaux du lac. Bien que les concentrations demeurent faibles, et probablement sans effet toxique sur l'écosystème, il faut relever que leur présence n'est pas souhaitable et que des mesures visant à limiter ces apports sont à mettre en oeuvre.

Les autres micropolluants surveillés demeurent non décelables ou en faibles concentrations et inférieures aux tolérances requises pour les eaux de boisson.

BASSIN VERSANT DU LÉMAN

' Le bilan des apports au Léman par les rivières

L'année 1999 est une année de forte pluviométrie au voisinage du Léman. Les débits moyens annuels sont supérieurs à la moyenne de la période 1985-1999. Les débits du Rhône à l'émissaire sont supérieurs de 21 % par rapport à la moyenne sur 15 ans.

Les apports en phosphore total sont de 1'386 tonnes pour les quatre rivières principales (Rhône, Dranse, Venoge et Aubonne). Pour le phosphore dissous, élément directement assimilable par les algues, les apports par ces rivières principales (45 tonnes) sont les plus faibles depuis le début des années 60. Par contre, les apports par les neuf rivières secondaires mesurées sont relativement importants.

Représentés à plus de 90 % par l'azote nitrique, les apports en azote minéral total par l'ensemble des rivières principales et secondaires contrôlées, s'élèvent à 6'300 tonnes. Les apports en azote minéral total par le Rhône amont représentent 61 % de l'ensemble des apports des quatre rivières principales et de neuf rivières secondaires.

Les apports en chlorure par l'ensemble des rivières contrôlées continuent à augmenter et atteignent le total de 63'000 tonnes. Une étude en cours en précisera l'origine.

' L'épuration des eaux usées

Les problèmes principaux sont liés à la nature et à l'état des réseaux de canalisations qui véhiculent trop d'eaux propres qui ne devraient pas s'y trouver. Plus de la moitié des eaux arrivant aux stations d'épuration (STEP) sont des eaux parasites qui perturbent leur bon fonctionnement. De plus, celles-ci provoquent des déversements d'eaux non traitées par l'intermédiaire des déversoirs d'orage.

Sur les 162 STEP du bassin hydrographique du Léman, 139 sont équipées pour la déphosphatation (99 % de la capacité nominale des installations; 99 % de la population raccordée). La population raccordée à ces 162 STEP est de 829'200 habitants permanents, 547'500 habitants saisonniers et 740'000 équivalents-habitants industriels.

Le nombre de STEP contrôlées (contrôle sur 24 heures) est de 143 (88 % du nombre de STEP et 99 % de la population raccordée).

Pour le bassin versant du Léman et pour les STEP contrôlées, les apports en phosphore total en entrée de STEP contrôlées sont de 924 tonnes et les charges rejetées après traitement de 105 tonnes. Le rendement moyen d'élimination est de 88 % sur les eaux traitées et la concentration moyenne de sortie est de 0.54 mgP/l. Globalement, ces valeurs sont en amélioration par rapport à 1998.

Pour la matière organique exprimée par la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅), le rendement moyen d'abattement des STEP est de 94 % sur les eaux traitées et la concentration moyenne de sortie (pondérée par les débits) est de 11 mgO₂/l. Ces valeurs sont similaires à celles de 1997 et 1998.

Un nombre important de mesures démontre très clairement le problème de qualité des réseaux (présence d'eaux claires parasites). Les déversements d'eaux non traitées se produisant lors de pointes de débit dues aux pluies constituent un problème important et influencent notablement le rendement global des stations d'épuration. La partie déversée sans traitement devrait être diminuée, ceci particulièrement sur les installations importantes.

Il faut signaler que certaines STEP ne sont pas équipées pour mesurer les débits aux points de déversement ce qui fausse les estimations du rendement. La mesure de débit est peu coûteuse et facile à mettre en place. Elle doit être généralisée sur l'ensemble des stations, et particulièrement aux points de déversement des stations qui bénéficient d'une protection hydraulique (déversoir à l'entrée ou après le décanteur primaire).

BASSIN VERSANT DU RHÔNE AVAL

(du lac jusqu'à la frontière franco-suisse à Chancy)

' Le bilan des apports au Rhône

Pour le bassin versant du Rhône en aval, du lac jusqu'à la frontière franco-suisse à Chancy, les analyses effectuées sur les différentes rivières donnent une indication de la contribution des divers bassins versants à l'enrichissement en éléments fertilisants.

La charge du Rhône en nutriments à la frontière est multipliée par 2.2 pour les nitrates et multipliée par 4.6 pour le phosphore dissous par rapport à celle mesurée à la sortie du lac.

Par rapport à la charge à Chancy, celle de l'Arve représente 31 % pour les nitrates et 42 % pour le phosphore dissous. Pour le bassin dit "genevois", les charges obtenues par soustraction des charges entrantes mesurées (sortie du lac, Arve et Allondon) de la charge à Chancy représentent 19 % pour les nitrates et 31 % pour le phosphore dissous. Ces évaluations obtenues par calcul représentent la charge résiduelle à l'aval de la retenue de Verbois.

' L'épuration des eaux usées

Sur les 59 STEP du bassin versant du Rhône aval, seules 36 ont fait l'objet de contrôles sur 24 heures (14 genevoises et 22 françaises). Ces 36 stations correspondent à 87 % de la population raccordée.

Il convient d'augmenter la couverture de ces contrôles, en particulier sur la partie française de ce bassin versant.

Pour les stations contrôlées, le rendement pour l'élimination de la matière organique (exprimée par la DBO₅) atteint 94 % pour les eaux traitées et la concentration moyenne de sortie (pondérée par les débits) est de 13 mgO₂/l.

Un nombre important de mesures démontre très clairement le problème de qualité des réseaux (présence d'eaux claires parasites). Les déversements d'eaux non traitées se produisant lors de pointes de débit dues aux pluies constituent un problème important et influencent notablement le rendement global des stations d'épuration. La partie déversée sans traitement devrait être diminuée, ceci particulièrement sur les installations importantes.

Il faut signaler que certaines STEP ne sont pas équipées pour mesurer les débits aux points de déversement ce qui fausse les estimations du rendement. La mesure de débit est peu coûteuse et facile à mettre en place. Elle doit être généralisée sur l'ensemble des stations, et particulièrement aux points de déversement des stations qui bénéficient d'une protection hydraulique (déversoir à l'entrée ou après le décanteur primaire).

SOMMAIRE

FICHE SIGNALÉTIQUE DU LÉMAN ET DE SON BASSIN VERSANT	7
SYNTHÈSE 1999	11
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	13

<p>RAPPORTS SUR LES ÉTUDES ET RECHERCHES ENTREPRISES DANS LE BASSIN LÉMANIQUE</p>
--

1. MÉTÉOROLOGIE	21
1. Introduction	21
2. Température de l'air	22
3. Pluviométrie	22
4. Insolation	25
5. Rayonnement	27
6. Vent	27
7. Conclusions	32
2. ÉVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LÉMAN	33
1. Méthodes	33
2. Régime thermique et influence sur la stratification ou le mélange des eaux	35
3. Evolution saisonnière dans les couches superficielles	38
3.1 Reprise de l'activité photosynthétique au printemps	38
3.2 Reste de l'année	41
4. Evolution saisonnière dans les couches profondes	43
5. Evolution interannuelle des principaux paramètres	46
5.1 Oxygène dissous	46
5.2 Phosphore dissous et phosphore total	47
5.3 La transparence	49
5.4 Azote nitrique et azote total	49
5.5 Chlorure	50
6. Métaux et micropolluants organiques	51
6.1 Métaux	51
6.2 Pesticides (phytosanitaires)	51
6.3 NTA - EDTA	51
7. Conclusions	54
- Bibliographie	55
- Annexes	56
3. ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE DANS LE LÉMAN	59
1. Introduction	59
2. Méthodes	60
3. Résultats	60
3.1 Répartitions verticales	60
3.2 Variations saisonnières	63
3.3 Production annuelle	65
4. Conclusions	66
- Bibliographie	66

4. ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON DU LÉMAN	67
1. Introduction	67
2. Méthodes	67
3. Résultats	68
3.1 Biomasse	68
3.2 Richesse spécifique du phytoplancton	71
4. Discussion	76
5. Conclusions	76
- Bibliographie	77
5. ÉVOLUTION DU ZOOPLANCTON DU LÉMAN	79
1. Introduction	79
2. Méthodologie	79
3. Remarques	80
4. Biovolume sédimenté	80
4.1 Variations saisonnières	80
4.2 Evolution à long terme	81
4.3 Relation phosphore total - zooplancton	81
5. Composition de la biocénose rotatorienne	82
6. Etat du Léman déterminé par les rotifères	85
7. Composition de la biocénose crustacéenne	86
7.1 Entomostracés	86
7.2 Abondance et cycle annuel des entomostracés	86
7.3 Autres groupes planctoniques	89
8. Conclusions	90
6. SÉGRÉGATION SPATIALE ET MIGRATION VERTICALE DU ZOOPLANCTON CRUSTACÉEN DANS LE LÉMAN	91
1. Introduction	91
2. Méthodologie	92
2.1 Le site et les conditions d'échantillonnage	92
3. Résultats	93
3.1 Campagne du 01.03.1999	94
3.2 Campagne du 25.05.1999	94
3.3 Campagne de 24 h : 30.06.1999 - 01.07.1999	97
4. Influence de l'éclipse solaire du 11 août sur la migration de quelques crustacés planctoniques	106
4.1 Matériel et méthodes	106
4.2 Résultats	106
5. Conclusions	110
- Bibliographie	111
7. LE BACTÉRIOPLANCTON DU LÉMAN	113
1. Introduction	113
2. Méthodes	114
3. Résultats	114
3.1 Distribution verticale des bactéries	114
3.2 Evolutions saisonnières des nutriments organiques	114
3.3 Evolutions saisonnières des bactéries	115
3.4 Valeurs intégrées des descripteurs sur la hauteur de la colonne d'eau	120
4. Conclusions	127
- Bibliographie	128

8. ÉVOLUTION DE L'ÉTAT TROPHIQUE DU PETIT LAC ENTRE 1994 ET 1999 INDIQUÉE PAR LES COMMUNAUTÉS DE VERS ET DE CHIRONOMIDES	129
1. Introduction	129
2. Stations et méthodes	129
3. Résultats et discussion	131
4. Conclusions	133
- Bibliographie	133
9. RÉGIME ALIMENTAIRE DES CORÉGONES ET DES GARDONS DU LÉMAN, EN MILIEU PÉLAGIQUE	135
1. Introduction	135
2. Méthodologie	136
3. Résultats	137
4. Conclusions	140
- Bibliographie	140
10. BILAN DES APPORTS PAR LES AFFLUENTS AU LÉMAN ET AU RHÔNE À L'AVAL DE GENÈVE	141
1. Généralités	142
2. Débits des affluents principaux et de l'émissaire	144
3. Apports annuels et composition de l'eau des affluents	145
3.1 Phosphore	145
3.2 Azote minéral et organique	148
3.3 Chlorure	150
3.4 Carbone organique	151
4. Etude des affluents secondaires	151
4.1 Phosphore dissous et phosphore total	152
4.2 Azote minéral total	152
4.3 Chlorure	152
5. Bassin versant du Rhône de Genève à Chancy	153
6. Conclusions	155
6.1 Bassin versant du Léman	155
6.2 Bassin versant du Rhône aval jusqu'à Chancy	155
- Bibliographie	155
- Tableaux récapitulatifs	156
RAPPORT TECHNIQUE	
11. CONTRÔLE DES STATIONS D'ÉPURATION	161
1. Introduction	162
2. Nombre de STEP, capacité et populations raccordées	162
3. Contrôles	163
4. Bilan des flux et rendements d'épuration	165
4.1 Débits	165
4.2 Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	169
4.2 Phosphore total et phosphore dissous (P-PO ₄)	172
5. Conclusions	176
- Bibliographie	177
- Annexes	178
- LISTE DES AUTEURS	183